

Verslag over een studiereis naar de Verenigde Staten  
van 22 oktober tot 28 november 1961

door Dr. F.H. Schmidt.

1. Inleiding

Verslaggever heeft in opdracht van de Hoofddirecteur van het KNMI een studiereis van ruim vijf weken door de Verenigde Staten gemaakt. Het was daarbij in de eerste plaats de bedoeling kennis te nemen van de methoden die op het US Weather Bureau worden toegepast voor het op routinebasis opstellen van de ook in Nederland gebruikte numerieke 500 mb voorspellingen.

Daarnaast stonden op het programma het bijwonen van een symposium in Cincinnati, dat gewijd was aan luchtverontreiniging, met name die in grote steden, en het deelnemen aan de door NASA en USWB georganiseerde internationale Meteorological Satellite Workshop. Bovendien werd een bezoek gebracht aan de Instrument Engineering Division van het Weather Bureau, de Extended Forecasting Division, de afdeling die zich met fall-out problemen bezighoudt, een afdeling die tracht luchthavenverwachtingen te verbeteren, de meteorologische dienst op Idlewild, het National Laboratory te Brookhaven en het Engineering Department van New York University.

In het onderhavige verslag zal een overzicht worden gegeven van de diverse tijdens de reis opgedane bevindingen, met dien verstande, dat over het symposium te Cincinnati reeds een afzonderlijk verslag is verschenen en dat de in de Joint Numerical Weather Prediction Unit te Suitland toegepaste en in ontwikkeling zijnde technieken in een W.R. zullen worden behandeld.

Een uitvoerig verslag over de Meteorological Satellite Workshop werd samengesteld door Drs. C.J. van der Ham, die samen met verslaggever aan deze Workshop deelnam.

## 2. Ontwikkeling van instrumenten

Tijdens een - betrekkelijk kort - bezoek aan de Instrumental Engineering Division van het Weather Bureau werd een indruk verkregen van een aantal nieuwe ontwikkelingen op instrumenteel gebied.

### a. AMOS

Gedeeltelijk reeds in gebruik (20 eenheden werden reeds geplaatst), gedeeltelijk nog in verdere ontwikkeling is een automatisch weerstation, Amos genaamd (automatic meteorological observing station). Het is in het algemeen niet bedoeld voor min of meer onbereikbare plaatsen maar voor kleinere vliegvelden waar men wel enig toren-personeel heeft maar geen of onvoldoende meteorologisch personeel. Amos is dan ook direct op het telexnet aangesloten en geeft bijv. één maal per uur een weerbericht, bevattende wind, temperatuur, druk op terreinhoogte, eventueel ook het zicht zoals dat wordt waargenomen door een transmissometer (is dus zicht in een enkele richting). Een thans in ontwikkeling zijnde versie biedt bovendien de mogelijkheid om de z.g. modal cloud height door te geven. Deze Amos IV is verbonden met een elektronisch brein, dat zich de in de afgelopen 10 minuten verrichte 100 ceilometerwaarnemingen herinnert en dan de meest voorgekomen hoogte doorgeeft. Onbelangrijke wolkenflarden worden op deze wijze niet meegeteld. Bij aanwezigheid van twee lagen, die beide met een zekere minimale frekwentie worden waargenomen, worden beide lagen opgegeven. Men kan de apparatuur ook instellen op een andere middel-periode dan de bovengenoemde 10 minuten. Een soortgelijke procedure is ontwikkeld voor de wind waarbij naar believen 10 minuten-, 5 minuten-, 1 minuut-gemiddelden of pieken kunnen worden doorgegeven. Een regenindicator is in ontwikkeling.

Bovendien kan iemand die op het vliegveld aanwezig is - toren-personeel bijv. - altijd nog verdere informatie betreffende ww, VV, N, etc. via een speciaal toetsenbord aan het automatisch opgestelde bericht toevoegen.

Zoals reeds werd opgemerkt, wordt het gehele bericht per lijntelex verspreid, evt. per high-speed-transmission met een snelheid van 2000 woorden per minuut. Radioverspreiding is in principe mogelijk.

### b. Transmissometer

De belangrijkste ontwikkeling, die met betrekking tot het gebruik van de transmissometer valt te constateren, is dat deze thans overal in de Verenigde Staten in operationeel gebruik is voor het bepalen van RVR.

De transmissometer wordt overal evenwijdig aan de baan geplaatst. Voor het omzetten van de aanwijzing van de transmissometer, opgegeven in

percentage van de maximaal mogelijke transmissie in RVR, wordt rekening gehouden met het verschil tussen dag en nacht en met de intensiteit waarmede de baanverlichting schijnt.

Men kan in de VS de lampen op 5 verschillende "representatieve" intensiteiten laten branden en wel - bij benadering - 10.000 kaars, 2000, 400, 80 en 16 kaars, telkens dus een vermindering van 80%. Men noemt de intensiteiten representatief omdat, weliswaar, in werkelijkheid de maximale intensiteit veelal hoger is - in het eerste geval tot 30.000 kaars in de as van de bundel - maar men gaat met opzet uit van een lagere waarde, omdat men nu eenmaal niet altijd precies in de as van de bundel kijkt, ook de vlieger niet, ook al zijn de lampen gericht. Bij omstandigheden met slecht zicht worden uitsluitend de drie hoogste intensiteiten gebruikt en de RVR-ijking is dan ook alleen voor deze gevallen uitgevoerd. Men heeft zich daarbij voorts beperkt tot RVR-waarden tussen 1000 en 6000 ft, om begrijpelijke redenen. Bij een transmissometerbasis van 500 ft krijgt men een relatie tussen transmissometer-aanwijzing (in % van het maximum) en de RVR, zoals is weergegeven in onderstaande tabel waar in 1, 2 en 3 resp. intensiteiten van 10.000, 2000 en 400 kaars betekenen:

transmissometer- aanwijzingen	RVR in 100-tallen ft					
	dag			nacht		
	1	2	3	1	2	3
10 %	11,5	9,5	<9	22,5	19,5	17
20	14,5	11,5	9,5	30	26	22
30	18	13,5	12	38	32,6	27,5
40	22	16	15	47,5	40	33,5
50	27	21	21	60	50,5	41,5
60	32	28,5	28,5	>60	>60	52,5
70	40	40	40	>60	>60	>60
80	>60	>60	>60	>60	>60	>60

De transmissometers zijn tegenwoordig voorzien van een "sneeuwblazer" om bij sneeuwval of tijdens driftsneeuw de apparatuur sneeuwvrij te houden.

De nieuwste ontwikkeling is die waarbij met behulp van een elektronische computer de transmissometeraanwijzing onmiddellijk in RVR wordt omgezet en waarbij de desbetreffende waarde direct in de meteo of op de toren in honderdtallen voeten wordt afgebeeld. De waarde wordt iedere minuut gecorrigeerd. Daarbij brengt de computer de intensiteit van de baanverlichting en de tijd van het etmaal (dag of nacht) in rekening, het eerste automatisch, het tweede op "aanwijzing" van meteoroloog of torenpersoneel.

### c. Ceilometer

De bekende Amerikaanse ceilometer, die ook op Schiphol in gebruik is, is thans zodanig gemodificeerd dat de vaak hinderlijke ruis, die tot uiting komt in de onregelmatige verbreding van het lichtspoor ook waar geen wolken aanwezig zijn, wordt onderdrukt. Dit maakt het detecteren van dunne wolkenlagen gemakkelijker.

Bovendien zijn thans alle ceilometers voorzien van een recorder, geconstrueerd door Alden Electronic and Impulse Recording Equipment Company. Deze recorders kosten in de VS ongeveer \$ 1300 per stuk bij een afname van 50 stuks tegelijk. (Zij zijn inmiddels ook in Nederland in gebruik genomen).

De recorder leek niet ideaal. Een van de grote bezwaren is, dat hij moet worden geopend om te kunnen zien wat op het moment zelf wordt opgetekend. De registratie was ook niet erg duidelijk maar dat kan wellicht worden verbeterd.

Men gaf hoog op over het feit, dat men een nieuwe lamp had ingevoerd (Sun Gun Lamp DXL). Deze lamp is gemaakt voor een vermogen van 625 W bij 118 V en heeft dan een levensduur van 15 uur. Voor de ceilometer is het voldoende hem op 105 V te laten branden waarbij de levensduur tot boven de 1000 uur komt en de lichtsterkte toch nog tweemaal zo groot schijnt te zijn als die van de normale ceilometerlamp.

### d. Dew Cel

Men doet uitgebreid proeven met een Li Cl cel. De cel is in een metalen vat geplaatst en de lucht wordt slechts door een enkele nauwe opening aangezogen. Hierdoor heeft men kans gezien de storende invloed van windfluctuaties uit te schakelen. Het lijkt nu de vraag te zijn of er wel in voldoende hoeveelheid lucht aan de cel wordt toegevoerd. Bij nadere gesprekken over de dew cel met anderen bleek, dat de ontwerpers in dit opzicht optimistischer waren dan de aspirant-gebruikers, overigens een normaal verschijnsel!

Een van de moeilijkheden is nog de invloed van binnengezogen mistdruppeltjes op de cel. In het algemeen kunnen de cellen twee tot drie maanden worden gebruikt.

### e. Windmeting

De normale rotatieanemometer tracht men gevoeliger te maken door de rotatiesnelheid te meten met behulp van een fotocel die met het molentje meedraait en waar een lichtstraal opvalt met een grotere frequentie naarmate de molen sneller draait.

Belangwekkender was het feit dat men experimenteert met een sonische anemometer. Deze bestaat uit twee zenders en twee ontvangers, zodanig geplaatst dat de geluidsgolven in tegengestelde richting lopen. Men wil de apparatuur gebruiken voor het meten van verticale luchtverplaatsingen, waarbij dus een ontvanger en een zender zich vertikaal bevinden boven resp. een zender en een ontvanger. De horizontale wind veroorzaakt daarbij een te verwaarlozen storing, mede omdat zenders en ontvangers slechts 1 m uit elkaar staan. Uit de registratie van de beide looptijden, resp.  $\frac{1}{c+w}$  en  $\frac{1}{c-w}$  kan bovendien  $c$  en daarmee de temperatuur van de lucht worden bepaald (bij bekende vochtigheid).

Men is van plan deze sonische anemometer vooral te gebruiken om te onderzoeken wat van een windmeter - bijv. een bivaan - moet worden geeist opdat gegevens verkregen worden, die voldoende nauwkeurig zijn om bijv. te worden gebruikt bij het bepalen van de warmtebalans. Hetzelfde probleem hoopt men op te lossen met betrekking tot de temperatuur. Of met andere woorden: men tracht te onderzoeken in welke mate eenvoudige (betrekkelijk) en daardoor goedkope instrumenten toch nog informatie geven, die voldoende nauwkeurig is voor bepaalde onderzoekingen. Zonder dat het WB, in het algemeen gesproken, van plan is deze onderzoekingen zelf te entameren. Wel hoopt men op deze wijze een beter inzicht te verkrijgen in de onderlinge vergelijkbaarheid van waarnemingen, die met meer gebruikelijke instrumenten werden verricht.

#### f. Infrarood-vochtmeter

Ongeveer in hetzelfde vlak ligt een onderzoek, dat men wil instellen naar het gedrag van de infrarood-vochtmeter. Het betreft hier een bijzonder gevoelige apparatuur, die in staat stelt vochtigheidsfluctuaties te meten. Voor zover deze apparatuur is gebruikt - vrijwel uitsluitend in het laboratorium - liet men steeds de te onderzoeken vochtige lucht zich bewegen tussen onbeschermd opgestelde stralingsbron en detector. In verband met de weersinvloeden op de gevoelige apparatuur is dit voor buitenlucht-experimenten minder aan te bevelen. Men zal nu binnenkort trachten te onderzoeken in hoeverre een opstelling waarbij bron en detector in een gesloten buis, waar de lucht doorheen circuleert, zijn geplaatst, meetresultaten oplevert, die niet wezenlijk afwijken van die welke met de bovengenoemde "vrije" opstelling werden verkregen.

### 3. Extended and Long Range Forecasts

Dr. J. Namias, hoofd van de afdeling die zich bezighoudt met het opstellen van verwachtingen op middelbare en lange termijn (extended and long range forecasting), gaf een overzicht van het werk dat op zijn afdeling wordt verricht.

In de eerste plaats wordt drie maal per week een 5-daagse verwachting opgesteld. Deze is gebaseerd op de barotrope verwachting, opgesteld door de JNWP Unit. Met behulp van de dikte wordt de 500 mb-prog omgezet in een 700 mb-kaart en een grondkaart. Een en ander gebeurt met de IBM 7090. Met behulp van deze voorspelde kaarten worden tendensen, lopend over twee dagen, geconstrueerd en met behulp van de progs en deze tendensen wordt een indruk gekregen van de gemiddelde stroming op 700 mb en aan de grond voor de vijf dagen aanvangend twee dagen na het moment waarop de verwachting wordt opgesteld. Op grond van dit gemiddelde stromingspatroon wordt nu een uitspraak gedaan over het weer dat in de desbetreffende periode zal heersen, waarbij men zich beperkt tot temperatuur (als afwijking van normaal) en neerslag (volgens een indeling in vier klassen: droog, licht, matig, zwaar).

Hoewel deze verwachtingen dus op numerieke berekeningen zijn gebaseerd, zijn ze toch voor een belangrijk deel subjectief - ook al is volgens Dr. Namias het woord subjectief niet correct en moet men van het in aanmerking nemen van synoptische en dynamische argumenten spreken.

Tijdens de discussie over de op 31 oktober opgestelde verwachting door de staf van de afdeling bleek echter duidelijk, dat met weinig exacte argumenten werd geschermd, om een trog verder te laten bewegen dan hij volgens de berekeningen zou moeten doen, hetgeen nogal teleurstellend was.

Een methode zoals in Nederland in ontwikkeling is en waarbij het subjectieve element, hoewel niet geheel uitgesloten toch zoveel mogelijk blijft beperkt, lijkt boven de Amerikaanse te prefereren, bij welk oordeel natuurlijk wel rekening moet worden gehouden met het feit, dat het in Amerika om een verwachting voor een veel groter gebied en over een langere termijn gaat. Zie voor de Amerikaanse methode verder: M.W.R., December 1958, pag. 467-476.

Belangwekkend was natuurlijk vooral de maandverwachting die door de afdeling wordt uitgegeven. De hierover verkregen informatie was eveneens nogal teleurstellend maar een en ander kan vrijwel volledig worden gevonden in de Meteorological Monograph van de A.M.S., Vol. 2, No. 6, 1953.

De verwachtingen worden door Namias persoonlijk opgesteld en wel in het midden en aan het eind van iedere maand. De forecast wordt in kaart gebracht en deze kaart wordt per facsimilé verspreid op de eerste dinsdag, *WATERDAG* of donderdag volgend op de dag van publicatie van de verwachting. Deze laatste data zijn voor het jaar 1962 als volgt vastgesteld: 16/1, 1/2, 15/2, 1/3, 15/3, 31/3, 17/4, 1/5, 17/5, 2/6, 16/6, 30/6, 17/7, 2/8, 16/8, 1/9, 15/9, 2/10, 16/10, 1/11, 17/11, 1/12 en 15/12.

Volgens Namias is ook de 30-daagse verwachting gebaseerd op statistiek, synoptiek en dynamica. Voor de laatste twee kan men ook lezen "subjectieve correcties".

Als basis geldt het 30-daagse gemiddelde patroon van het 700 mb-vlak dat berekend wordt met de IBM 7090 en waarbij dan een verplaatsing van ruggen en troggen wordt geschat in hoofdzaak op grond van de historie. Wel wordt daarbij ook gebruik gemaakt van de tendensen bepaald uit 2 opeenvolgende 5-daagse gemiddelden. Het resultaat wordt "bijgewerkt", o.a. op deze wijze dat wordt gecorrigeerd indien een trog of rug terecht komt op een lengte waar een dergelijk systeem zich op grond van de ervaring bij voorkeur niet blijkt op te houden. Wordt de geschetste kinematische methode toegepast op een trog en een rug en zouden de gevonden snelheden te sterk verschillen, dan wordt eveneens een correctie aangebracht. Er wordt niet gewerkt met analoge gevallen, hoewel deze achteraf wel kunnen worden uitgezocht. Interessant is de waarneming dat een "30-daagse trog" zich in 30 dagen ongeveer evenveel verplaatst als een "een-daagse trog" in een dag. Het zo verkregen patroon wordt dan met behulp van beschikbare statistieken vertaald in neerslag en temperatuur.

Er bestaat volgens Namias voor de 30-daagse verwachting van het WB een geweldige belangstelling, zowel in de US als ook elders, o.a. in Scandinavië. Dit laatste wordt op zich zelf niet toegejuicht, omdat men het gevoel heeft dat de verwachtingen voor gebieden buiten de US bepaald van mindere kwaliteit zijn, eenvoudig omdat men zich vooral op het eigen land concentreert. Op zich zelf toont deze opmerking duidelijk aan, dat het subjectieve element een grote rol speelt bij het opstellen van de verwachtingen.

Indien men dit in aanmerking neemt, kunnen verificatieresultaten, bepaald voor de US, niet anders dan uiterst teleurstellend worden genoemd.

Zo bedragen bij een neerslagvoorspelling volgens drie klassen (licht, matig, zwaar) waarbij 100 gelijkmatig over het land verdeelde stations als test-stations werden gebruikt, achtereenvolgens het percentage geslaagde verwachtingen bij toeval 33,3 %, bij een persistentieverwachting 35,9 % en bij de officiële long range forecast 36,6 %. Een en ander is gebaseerd op

6 jaar met per jaar 24 voorspellingen (begin en midden van iedere maand).

Bij de temperatuurvoorspelling lijkt het resultaat iets gunstiger maar daarbij is bij 5 klassen (veel boven normaal, boven normaal, normaal, onder normaal en veel onder normaal) het resultaat goed gerekend, indien de juiste klasse werd voorspeld of een daarnaast liggende. Is de temperatuur dus beneden normaal geworden dan zijn ook de voorspellingen normaal en veel beneden normaal als correct geclassificeerd. Bij de gevolgde criteria voor de klasse-indeling en hun klimatologisch voorkomen zijn de percentages in dezelfde volgorde als boven dan 59,6, 65,0 en 71,4 %.

Het bepalen van de correlatie tussen voorspeld en waargenomen 700 mb-patroon leverde 25 % op. Vergelijk hiermee de ongeveer 70 %, die de normale numerieke voorspelmethode na 1 of 2 dagen bereikt.

Wel kan in ieder geval worden gezegd, dat enig positief resultaat is behaald. Bovendien schijnen de meer recente voorspellingen beter te zijn dan die uit vroeger jaren, een verbetering die overigens vermoedelijk meer is gekoppeld aan de toegenomen ervaring van degene die de verwachting opstelt dan aan verbeteringen in de methode.

#### 4. Klimatologie

Dr. Landsberg, met wie verslaggever al enig contact tijdens het Cincinnati-Symposium had gehad, vertelde tijdens een zeer kort bezoek een en ander over het werk in de klimatologische afdeling. Daarbij bleek, dat men een begin heeft gemaakt met een studie van het "pollutie-klimaat" van bepaalde industriële gebieden.

Belangwekkend was de mededeling, dat het USWB bezig is zijn gehele ponskaartenbezit over te brengen op microfilm en wel in tweevoud. Een en ander geschiedt in de eerste plaats met het oog op een eventueel gewapend conflict. De microfilms worden dan ook op twee min of meer veilig geachte plaatsen opgeslagen, terwijl ook het oorspronkelijke ponskaartenmateriaal niet meer in Washington of omgeving is. Men beschikt over machines, die het mogelijk maken om de noodzakelijke bewerkingen onmiddellijk via de microfilms uit te voeren.

#### 5. Fall-out en Luchtverontreiniging

Het WB heeft een afdeling waar bepaalde luchtverontreinigingsproblemen worden bestudeerd. In hoofdzaak betreft het daarbij het transport van verontreiniging over grote afstanden; problemen dus die samenhangen met het bepalen van trajectorieën. Zo heeft deze afdeling veel werk verricht op het gebied van de constant level balloons.



Het belangrijkste studieobject is momenteel dat met betrekking tot het transport van radioactieve materie in de atmosfeer.

In de eerste plaats bestudeert men het probleem van de close-in fallout. Hieraan wordt door meteorologen in nauw contact met deskundigen van Civil Defense, van wie er een aantal op het WB zijn gestationeerd, gewerkt.

Van belang is voorts het onderzoek naar het transport van radioactief materiaal met de algemene circulatie (Machta). De van de recente Russische explosies afkomstige debris kon reeds duidelijk worden aangetoond. Bij een situatie met noordelijke winden zijn reeds betrekkelijk hoge concentraties in het zuidoosten van de Verenigde Staten waargenomen. Men verwacht omstreeks het voorjaar een belangrijke stijging van het radioactiviteitsniveau in de troposfeer. De grote Russische explosie van 31 oktober was duidelijk door barografen in de VS geregistreerd.

## 6. Luchthavenverwachtingen

Het USWB houdt zich momenteel intensief bezig met pogingen om de eindhavenverwachtingen (terminal forecasts) ten behoeve van de luchtvaart te verbeteren. Men is daarbij afgeweken van de gebruikelijke statistische methode waarvan het Taylor-diagram een voorbeeld is. Men tracht integendeel het verbeteren van de verwachtingen, waarbij zicht en wolkenhoogte voorlopig de belangrijkste aspecten zijn, te bewerkstelligen langs fysische weg. Men stelt zich voor daartoe de waarnemingen van een groot aantal stations rond de luchthaven in kwestie te gebruiken waarbij men zich niet zal beperken tot het verrichten van visuele waarnemingen maar waar men langs instrumentele weg gegevens zal verzamelen met betrekking tot temperatuur, ev. temperatuurgradiënt, vochtigheid en wind.

Voorlopig zal men het onderzoek concentreren in de omgeving van Washington Airport. Het netwerk van hulpstations, dat zal worden opgericht en gedeeltelijk reeds is opgericht, beslaat een oppervlak met een straal van ongeveer 80 km rond deze luchthaven. Men onderscheidt vier soorten waarnemingsstations:

1. Standaard luchtvaartwaarnemingsstations
2. Speciale waarnemingsstations
3. Stations die uitsluitend temperatuur, wind en vochtigheid geven
4. Van instrumenten voorziene torens.

De eerste soort zijn de normale, ook nu reeds bestaande luchtvaart-meteorologische waarnemingsstations. De tweede soort zal speciaal voor het onderzoek worden opgericht. Er zullen continue registraties van wind, temperatuur, vochtigheid, doorlaatbaarheid van de atmosfeer, en wolkenhoogte worden verricht, althans tijdens weersomstandigheden die voor het onderzoek

van belang zijn. De derde soort, meer beperkte stations, zullen worden opgericht op halpvliegveldjes, plaatsen waar zich navigatiehulpmiddelen bevinden of elders waar bescherming en onderhoud van het instrumentarium mogelijk is.

Ten slotte zullen in een enkele meteorologische toren of televisie-mast wind, temperatuur en vochtigheid op een drietal niveaus, de grond, 45 m en 90 m (of zo direct bij deze niveaus als mogelijk) worden geregistreerd.

Stralings- en vochtigheidsflux zullen direct worden gemeten in Sterling, het uitgestrekte experimenteerterrein van het USWB, waar men o.a. ook de proeven met de sonische windmeter uitvoert. In verband met de kosten zal men in het project in het algemeen de gebruikelijke WB-instrumenten gebruiken. In dit verband zij ook herinnerd aan hetgeen in paragraaf 2 werd opgemerkt met betrekking tot het onderzoek naar de bruikbaarheid van bepaalde instrumenten voor specifieke doeleinden.

Zoals reeds werd opgemerkt, dient volgens de organisatoren van het project iedere rationele methode voor het opstellen van weersverwachtingen gebaseerd te zijn op procedures, die op hun beurt berusten op de fysische principes die het atmosferische gebeuren beheersen. De behoudwetten met betrekking tot warmte, vocht en moment geven een algemene formulering van deze principes. Daarom zal iedere forecastmethode, die op de lange duur succes wil boeken, moeten uitgaan van het probleem van het transport en de omvorming van deze drie eigenschappen.

In de conventionele synoptische methode tracht men dit wel te doen, maar op een zeer kwalitatieve basis. Deze methode is daarom ongeschikt voor min of meer exacte uitspraken op korte termijn.

Ook het normale synoptische netwerk, ook boven land, is te wijdmazig voor het doen van meer exacte uitspraken. Met nadruk zij gesteld dat dit niet betekent, dat het ook te wijdmazig zou zijn voor de synoptische methode zelf.

Het project is in eerste instantie gericht op het voorspellen van de doorlaatbaarheid van de atmosfeer. Enig preliminair theoretisch onderzoek heeft zich bezig gehouden met de invloed op het "zicht" van condensatie en verdamping. In de eerste plaats is het noodzakelijk na te gaan hoe het zicht verandert als gevolg van condensatie. Bij wijze van voorbeeld volgt hier de relevante redenering waarbij gelegenheid zal zijn om op enige zwakke punten te wijzen.

Het zicht kan fysisch worden gedefinieerd als:

$$V = \frac{1}{k_s} \ln \frac{1}{\xi}$$

waarbij  $V$  het zicht is in een adequate lengte-eenheid,  $k_s$  de verstrooiingscoëfficiënt en  $\xi$  de drempelwaarde, die in de theorie 0.02 wordt genomen, hetgeen nogal optimistisch lijkt. Bovendien hangt  $\xi$  samen met de achtergrondhelderheid.

Voor bolvormige druppels geldt:

$$k_s = \frac{\pi}{4} \sum_i n_i r_i^2$$

met  $n_i$  het aantal druppels met straal  $r_i$  per volume-eenheid of

$$V = \frac{4,98}{\sum_i n_i r_i^2}$$

Is  $r$  verdeeld volgens een continue verdelingsfunctie  $f(r)$ , dan geldt:

$$\sum_i n_i r_i^2 = \int r^2 f(r) dr = N (\sigma_r^2 + \bar{r}^2)$$

waarbij  $N$  het totaal aantal druppels per volume-eenheid,  $\sigma_r^2$  de variantie en  $\bar{r}$  de gemiddelde straal.

Dan geldt dus

$$V = \frac{4,98}{N(\sigma_r^2 + \bar{r}^2)}$$

en

$$\frac{dV}{dt} = - \frac{4,98}{N} \frac{2\sigma_r \frac{d\sigma_r}{dt} + 2\bar{r} \frac{d\bar{r}}{dt}}{(\sigma_r^2 + \bar{r}^2)^2}$$

of met  $W = \frac{4}{3} \pi \bar{r}^3 N$ , het watergehalte van de lucht,

en  $\frac{dW}{dt} = 4\pi \bar{r}^2 N \frac{d\bar{r}}{dt}$

$$\frac{dV}{dt} = - \frac{2V^2 N}{4,98} \left[ \sigma_r \frac{d\sigma_r}{dt} + \frac{1}{4\pi N \bar{r}} \frac{dW}{dt} \right]$$

$\frac{dW}{dt}$  is daarbij de mate waarin waterdamp condenseert.

Kent men de mate van afkoeling, dan kan deze grootheid uit de psychrometervergelijking worden bepaald. Er wordt nu verondersteld (in hoofdzaak omdat men niets beters weet) dat  $\frac{d\sigma_r}{dt} \ll \frac{dW}{dt}$  maar het is sterk de vraag of dit een juiste aanname is.

Zo blijven er nog allerlei theoretische moeilijkheden, terwijl ook het interpreteren van de waarnemingen in de omgeving met betrekking tot de

plaats waarvoor men een uitspraak wil doen bijzonder moeilijk is.

Dit alles neemt niet weg, dat we hier toch te maken hebben met een belangwekkende poging om op fysische basis beter gedetailleerde kortetermijn-voorspellingen te kunnen doen.

#### 7. Bezoek aan de meteorologische dienst op Idlewild

Tijdens een gesprek met en een rondleiding door het Hoofd van de meteorologische dienst op de internationale luchthaven van New York, Idlewild, kwamen de volgende punten naar voren.

Men werkt op Idlewild slechts voor het internationale luchtverkeer. Dit betekent voor deze luchthaven vrijwel uitsluitend vluchten over de Atlantische Oceaan en naar het Caraïbische gebied. Domestic flights, die van La Guardia Airport vertrekken, krijgen geen gedetailleerde forecast. Men dient zich te realiseren, dat het hierbij in bepaalde gevallen gaat om vluchten over een afstand Amsterdam-Moskou en meer. In zekere zin maakt dit het werk op Idlewild minder "rommelig" dan bijv. op Schiphol het geval is. Daar komt dan nog bij, dat in het meteokantoor zelf - dat enige kilometers van het stationsgebouw is verwijderd - geen directe voorlichting wordt gegeven. Iedere zes uur - behoudens in geval van noodzakelijk gebleken modificaties - wordt een algemeen overzicht over het weer boven de Atlantische Oceaan en het Caraïbische gebied op een band ingesproken. Dit overzicht, dat in totaal ongeveer 7 minuten in beslag neemt, kan worden beluisterd in een "filiaal" van de meteo in het stationsgebouw. Gesynchroniseerd met dit overzicht worden via een televisie de in aanmerking komende kaarten - grond, 700 mb, 500 mb, 300 mb, shear-kaart en significant weather - vertoond. Blijven er dan nog vragen bij de vliegers over, die niet door de briefers in het stationsgebouw kunnen worden beantwoord, dan kunnen deze telefonisch aan de weerdienst worden gesteld. Uit het feit, dat van deze mogelijkheid slechts zelden gebruik wordt gemaakt, valt af te leiden dat het systeem, dat tot resultaat heeft dat in de meteo rustiger kan worden gewerkt dan anders het geval zou zijn geweest, in het algemeen bevredigend wordt geacht. Dit blijkt ook hieruit, dat een aantal maatschappijen - BOAC, Air France en Pan American - ontvangstmogelijkheden hebben gecreëerd in hun eigen crew-ruimte.

Men analyseert dus in hoofdzaak het gebied van de westkust van Amerika tot ongeveer Oost-Europa en wel op kaarten met stereografische projectie en schaal 1 : 15 miljoen. Tussenkaarten worden voor het grote gebied niet getekend en men beperkt zich wat de grondkaart betreft dus tot 4

analyses per dag, voor de aerologie tot 2 analyses per dag.

Zonder in detail te treden kan van het analyseren en het maken van prontours het volgende worden gezegd:

- a) 500 mb wordt boven Amerika direct geanalyseerd, boven de oceaan en Europa echter door optellen via de grondkaart. Men meent dat dit uiteindelijk sneller werkt.
- b) 300 mb wordt in het gehele gebied bepaald door grafische additie.
- c) Er wordt voor het maken van prontours steeds gebruik gemaakt van de barotrope 500 mb voorspelling van de JNWP Unit. Deze voorspelde kaart wordt echter "subjectief" gemodificeerd in gebieden waar men op grond van de temperatuurverdeling belangrijke barokliene effecten verwacht. De modificaties resulteren in het algemeen in wijzigingen van de amplitudinis van de golven en eventueel in het tekenen van door de barotrope forecast niet voorziene afsnoeringen.
- d) Overigens heeft men toch zoveel vertrouwen in de barotrope forecast, dat de 12-uurs-voorspelling wordt vergeleken met voor hetzelfde tijdstip gemaakte analyse ter opsporing van aperte fouten in deze analyse. Dit heeft natuurlijk vooral betekenis voor gebieden met een geringe netdichtheid zoals de Atlantische Oceaan en wellicht ook voor gebieden met een inhomogeen aerologisch netwerk zoals Europa.
- e) Omgekeerd tracht men - het werd reeds gezegd - ook fouten in de barotrope forecast op het spoor te komen door deze vergelijking. Dergelijke fouten plegen zich geruime tijd te handhaven - vermoedelijk voor een deel een gevolg van de bij de objectieve analyse toegepaste procedure waarbij men het binnenkomende waarnemingsmateriaal toetst aan de 12-uurs-forecast. De barotrope forecast wordt dus nooit zonder kritiek gebruikt, ja, hij wordt eigenlijk vrijwel nimmer ongecorrigeerd gebruikt.
- f) Men besteedt de nodige aandacht aan de door de JNWP Unit verschaft 24-uurs-vorticeitsvoorspellingen en hanteert deze bij het laten opvullen c.q. uitdiepen van storingen.
- g) Uit de voorspelde voor barokliniciteit gecorrigeerde 500 mb-kaart (zie c) en e)) en de voorspelde grondkaart (1000 mb) wordt een diktekaart geconstrueerd, die wordt vergeleken met de voorgaande diktekaart. Op grond van deze vergelijking worden ten slotte de laatste correcties in de voorspelde 500 mb-kaart aangebracht. De langs deze betrekkelijk ingewikkelde weg verkregen prontour zou aanmerkelijk beter zijn dan een direct of uitsluitend door optelling geconstrueerde kaart.
- h) De voorspelde 300 mb-kaart wordt verkregen door optelling van de aldus verkregen 500 mb-prontour en een voorspelde diktekaart.

i) Het construeren van tropopause- en shearkaat geschiedt op dezelfde wijze als vroeger het geval was, hetgeen nagenoeg overeenkomt met de in Nederland toegepaste methode.

Voor analyseren en "prontouren" zijn steeds 3 meteorologen tegelijkertijd in dienst, nl. 1 senior- en 2 assistent-meteorologen. Men werkt in 4 ploegen die ieder 8 uur opkomen, zodat er steeds een overlapping is van 2 uur. De senior-meteoroloog is o.a. verantwoordelijk voor de bewerking van de barotrope forecast, de constructie van de 300 mb-analyse en prontour, de tropopause-shearkaat en uiteraard voor alle werkzaamheden, die door de assistent-meteorologen worden verricht. Deze houden o.a. in: het tekenen van de isotachen en de significant weather chart.

Bovendien is nog voortdurend een meteoroloog aanwezig, die terminal forecasts maakt voor Idlewild en 18 vliegvelden in de omgeving, in hoofdzaak gelegen in de staat New York.

Op het stationsgebouw rouleren 8 observer-briefers wier taak o.a. bestaat uit het, zo nodig, nader toelichten van de per televisie doorkomende weersoverzichten.

De meteorologen hebben 4 tot 5 weken vakantie per jaar, buiten de normale vrije dagen uiteraard.

Van de instrumentele aspecten kan het volgende worden vermeld: RVR wordt geheel bepaald uit de aanwijzing van langs de baan geplaatste transmissometers in overeenstemming met hetgeen elders in dit verslag is weergegeven.

Men beschikt momenteel niet over een buienradar (!) maar binnenkort zal er een op het RCA-gebouw in New York worden geplaatst. De beelden zullen door middel van een radioverbinding (macro-wave) naar Idlewild worden overgebracht en daar op een gewone scope kunnen worden waargenomen.

Men heeft een onderzoek ter hand genomen naar het voorkomen van clear air turbulence, met name op de Atlantische routes, waarbij o.a. gebruik wordt gemaakt van de desbetreffende meldingsformulieren, die o.a. ook door Schiphol worden verzonden. De voorlopige resultaten lijken aan te tonen, dat bij een Richardsongetal  $\leq 5$  met de mogelijkheid van c.a.t. moet worden rekening gehouden. Dit resultaat komt globaal overeen met hetgeen in Nederland is gevonden (zie Commissie Meteorologische Voorlichting voor Straalvliegtuigen, Eindrapport, bijlage O, 1959). Werd c.a.t. voorspeld, dan wordt het verschijnsel niet steeds waargenomen. Omgekeerd geldt echter, dat waargenomen c.a.t. steeds was voorspeld en wel op basis van bovengenoemde regel.

## 8. Brookhaven National Laboratory

Van New York uit werd een bezoek gebracht aan het Nationale Laboratorium te Brookhaven.

De grote reactor te Brookhaven in verband waarmee een betrekkelijk bescheiden meteorologische afdeling ter plaatse is opgericht is er een van het luchtgekoelde type met een vermogen van 20 MW (HFR te Petten watergekoeld, eveneens  $\sim 20$  MW). De schoorsteen van de reactor, waaruit in hoofdzaak  $^{41}\text{A}$  ontsnapt, heeft een hoogte van 355 ft (108 m) in verband waarmee men een meteorologische toren heeft gebouwd van iets grotere hoogte (128 m). Bovendien bevindt zich op een afstand van ongeveer 100 m tot deze grote toren nog een kleinere toren van ruim 15 m hoogte. Tussen beide torens is een kabel gespannen waarlangs een karretje kan worden bewogen waarin instrumenten kunnen worden geplaatst hetgeen het meten van bijv. temperatuurprofielen mogelijk maakt.

In de hoge meteorologische toren, die uit vakwerk bestaat en waarin zich een lift bevindt, en die in 1947 \$ 500.000 heeft gekost, wordt op de hoogten: 11, 22,5, 45, 90, 108 en 125 m de temperatuur met behulp van weerstandsthermometers waargenomen. Uit aflezingen om de 6 minuten worden voor klimatologische doeleinden uurgemiddelden bepaald met behulp van een IBM 1401 (in de naaste toekomst ook een 7090). Bovendien wordt op dezelfde wijze de temperatuur op 10 cm boven de grond en 1,50 en 3 m onder het aardoppervlak bepaald.

Windwaarnemingen worden met betrekkelijk conventionele instrumenten - een vaan in de vorm van een "vliegtuig" waar een licht anemometertje bij wijze van propeller vooraan is bevestigd - gedaan en eveneens elektronisch tot uurgemiddelden verwerkt.

Naast deze conventionele anemometers bevinden zich op 22,5, 45 en 90 m hoogte Amerikaanse bivanen, die geen snelheid geven maar wel de driedimensionale windrichting. Opvallend is dat de hoogst geplaatste van deze drie bivanen een karakteristieke asymmetrie in de verticale uitslagen vertoont, die hier op neerkomt dat de opwaartse snelheden groter zijn dan de neerwaartse. De laatste houden echter langer stand. Dit wijst erop, dat voor zover de verticale bewegingen als in cellen gerangschikte convectie kunnen worden geïnterpreteerd, de kernen van de cellen omhoog bewegen en omgeven zijn door een betrekkelijk breed uitgesmeerde minder sterke dalende beweging. Een en ander zou in de onderste lagen van de dampkring te verwachten zijn. (Zie H. v. Tippelskirch, Beitr. Ph. d. Atm. 29 p. 37, 1956).

Voor het bestuderen van het gedrag van een pluim, die op de hoogte van de reactorschoorsteen ontsnapt, heeft men in de toren een mogelijkheid geschapen om op deze hoogte (108 m) een pluim van fijne oliedruppeltjes (diameter  $\sim 0,5\mu$ ) in de atmosfeer te brengen.

Voorts worden op verschillende hoogten stralingsmetingen gedaan.

Uit de waarnemingen, die sedert het in gebruik nemen van de toren werden verricht, heeft men o.a. geconcludeerd, dat het zin heeft om de diverse graden van turbulentie die zich in de atmosfeer kunnen voordoen in een vijftal klassen te verdelen in afhankelijkheid van windsnelheid- en windrichtingsfluctuaties:

klassen	A	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C	D
ff	2-6	2-6	> 6	> 10	alles kts
$\Delta$ dd	> 90°	> 45°	≤ 45°	≤ 45°	< 9°
		< 90°			

De eerste 4 klassen hebben betrekking op min of meer onstabiele toestanden; D is sterk stabiel. De indeling ziet er een beetje vreemd uit maar men dient bij zijn oordeel natuurlijk te bedenken, dat zij is opgesteld voor Brookhaven en berust op de daar opgedane ervaringen.

Op basis van deze indeling heeft men nu pollutiepatronen bij verschillende weersomstandigheden voor Brookhaven geconstrueerd waarbij de concentraties werden bepaald uit de hoeveelheid waargenomen oliedruppeltjes. Deze waarnemingen werden op verschillende plaatsen in het terrein verricht door de lucht (met de oliedruppels) met een snelheid van 1 ft<sup>3</sup> per minuut door een apparatuur te zuigen waarin uit de mate van door een fotocel gesignaleerde verstrooiing van een lichtbundel de druppelconcentratie kan worden bepaald.

Met behulp van de waarnemingsresultaten werden nu patronen geconstrueerd, die de totale concentratieverdeling aangeven voor perioden van telkens 6 dagen. Uit deze gegevens kan thans uit windrichting, windsnelheid en turbulentieclassificatie zonder meer een patroon worden opgegeven, dat is dus zonder gebruikmaking van de oliedruppels.

De AEC wil tegenwoordig weten hoe de situatie per de volgende dag aflopende week is. Men bepaalt daartoe het 6-daagse patroon uit de beschikbare catalogus en voorspelt de zevende dag onder gebruikmaking van per facsimilé binnenkomende weerkaarten.

Een enkele maal worden nog waarnemingen verricht ten einde de aanwezige patroon-catalogus aan te vullen.

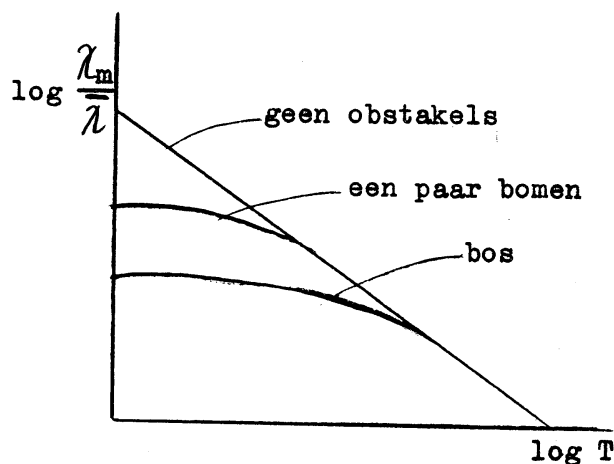


Ten gevolge van deze min of meer automatische procedure is thans het direct voor de AEC verrichte werk nog slechts weinig omvangrijk. Men heeft daarom andere onderzoeken ter hand genomen.

Zo bepaalt men de invloed die de valsnelheid van deeltjes uitoefent op het pollutiepatroon. Men emitteert daartoe op een terrein van 100 bij 100 m<sup>2</sup> van een hoogte van ongeveer 1 m tegelijkertijd SO<sub>2</sub> en kleine geactiveerde koperbolletjes, die afmetingen van 0,1 $\mu$  tot 2 $\mu$  bezitten. Deze afmetingen kunnen zeer nauwkeurig worden bepaald door de bolletjes in een waterstraal mee omhoog te voeren. De afmeting van de deeltjes, die nog juist worden meegevoerd, hangt samen met de opwaartse snelheid van het water. Op het terrein wordt het SO<sub>2</sub>-gehalte en de koperconcentratie gemeten op 300 punten, telkens 3 meetpunten boven elkaar geplaatst in een kwadratisch netwerk met 10 m roosterbreedte. De lucht wordt in de meetpunten aangezogen, terwijl het geactiveerde Cu bovendien ook op sticky paper wordt ingevangen. Het voordeel van geactiveerd koper is o.a. dat na 15 dagen de activiteit zodanig is teruggelopen, dat geen gevaarlijke besmetting meer mogelijk is. De tot dusverre verkregen meetresultaten zijn nog niet uitgewerkt.

Interessant zijn verder de proeven, die men heeft gedaan met betrekking tot het verband tussen de monstertijd, T, en de verhouding tussen maximale en gemiddelde concentraties, resp.  $\lambda_m$  en  $\bar{\lambda}$  op een bepaalde afstand van een puntbron. Dit verband hangt in de eerste plaats af van de turbulentietoestand van de wind maar - zo is gebleken - bovendien van de aanwezigheid van obstakels.

Bij afwezigheid van obstakels vindt men een nagenoeg lineair verband tussen  $\log \frac{\lambda_m}{\bar{\lambda}}$  en  $\log T$  maar bij de aanwezigheid van obstakels zoals bomen wordt deze lineariteit verstoord aan de zijde van de korte monstertijden. Zie de figuur.



Ten einde dit verschijnsel nader te onderzoeken heeft men een kleine toren van vakwerk, die 25 m hoog is, neergezet in een bebost gedeelte van het Brookhaven-terrein. De toren was tijdens het bezoek van verslaggever nog niet in gebruik genomen. Het gevonden verschijnsel is wellicht ook van belang voor het verkrijgen van een beter begrip van de verspreiding van pollutie in steden.

Men onderzocht ook de verspreiding van ragweed pollen (Jacob's kruiskruid), een onderzoek dat in hetzelfde vlak ligt als het voorgaande.

De windvanen worden geijkt in een windtunnel, die iets te klein van afmetingen lijkt voor dit doel.

Resumerend kan worden gesteld, dat in Brookhaven uitgebreid onderzoek wordt verricht met betrekking tot de diffusie van luchtverontreiniging. De meetmethodieken doen hier en daar echter enigszins ouderwets aan.

## 9. New York University

Ten slotte werd nog een bezoek gebracht aan het College of Engineering van New York University en wel aan de windtunnel-opstelling die onder dit College ressorteert.

Deze tunnel heeft een lengte van 12 m bij een rechthoekige doorsnede met een hoogte van ongeveer 1 en een breedte van iets meer dan 2 m. Met behulp van een grid waarvan de horizontale staven van beneden naar boven in dikte afnemen, zodat de afstand tussen deze staven in dezelfde richting toeneemt, is het mogelijk om een vertikaal snelheidsverval in de tunnel te creëren. Bovendien kunnen deze staven onafhankelijk van elkaar worden verwarmd, zodat een willekeurig vertikaal temperatuurverval kan worden ingesteld dat, mede doordat bodem en plafond van de tunnel op een willekeurige temperatuur kunnen worden gebracht, zich over vrijwel de gehele tunnellenge kan handhaven. De tunnel wordt in hoofdzaak gebruikt voor modelproeven met betrekking tot de verspreiding van luchtverontreiniging in de atmosfeer.

Bij een verhouding van de lineaire dimensies van model tot origineel van  $l_m/l_o$  worden de volgende reducties toegepast.

$$\text{Wind : } V_m = V_o \sqrt{l_m/l_o}$$

$$\text{Uitstroomsnelheid uit schoorsteen: } (V_s/V)_m = (V_s/V)_o$$

$$\text{Dichtheid : } (\rho_s/\rho)_m = (\rho_s/\rho)_o$$

De index s duidt daarbij op de gassen die uit de schoorsteen ontsnappen. Het gedrag van deze gassen wordt o.a. zichtbaar gemaakt door middel van rook. Ten einde zo objectief mogelijke waarnemingen te krijgen wordt de

rook o.a. gedetecteerd door een periodiek onderbroken lichtbundel door de te onderzoeken pluim op een fotocel te laten vallen. De reductie in de fotocel-aanwijzing is een maat voor de totale rookconcentratie langs de lichtbundel.

Ten einde een beter inzicht te verkrijgen in de concentratieverdeling in de pluim wordt een weinig  $SO_2$  aan de schoorsteengassen toegevoegd. Dit  $SO_2$  kan op verschillende plaatsen in de tunnel worden afgezogen en de concentratie gemeten.

In de tunnel werd een groot aantal belangwekkende experimenten verricht, veelal op verzoek van de industrie. Daarbij werden concentratiemetingen in de pluim uitgevoerd, die in het algemeen een redelijke bevestiging geven van de normale pollutieverdeling in een richting loodrecht op de as van de pluim.

De invloed van stabiliteit en  $\rho_s/\rho$  werd nagegaan evenals de invloed van gebouwen en andere obstakels op de stroming van uit schoorstenen afkomstige gassen.

Er wordt hier een weg ingeslagen - voor zover mij bekend voor het eerst systematisch - die belooft inhoudt voor een beter begripen van de verspreiding van luchtverontreiniging in de atmosfeer.

Ten slotte moge nog worden vermeld, dat sedert korte tijd ook proeven worden genomen om een beter inzicht te verkrijgen in het opwaaien van sneeuw.